Über die Function des *Musculus Cramptonianus.*

Von Prof. **Sigm. Exner,**
Assistenten am physiologischen Institute.

(Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt.)

Der *Musculus Cramptonianus* ist bekanntlich ein im Auge der Vögel und einiger Reptilien nachgewiesener ringförmiger Muskel, dessen Fasern an der Innenwand des Scleralringes entspringen, und nach vorne verlaufend, sich an die innere Lamelle der Hornhaut ansetzen. Fig. 1 zeigt einen Durchschnitt durch das Auge des Uhu nach Brücke.[1] Der dunkle Antheil der mit *a* bezeichneten Stelle entsprechend, ist der in Rede stehende Muskel. Die durch ein Rechteck eingerahmte Stelle der Fig. 1 habe ich in Fig. 2 auf Grund eines anatomischen Präparates bei Lupenvergrösserung wiedergegeben. Hier ist der Muskel punktirt. Bei vielen Vögeln findet sich der Musculus tensor choreoideae in nennenswerther Entfernung von diesem Crampton'schen Muskel, z. B. beim Uhu, wo er in Fig. 1 bei *b* angedeutet ist. Er ist stets dadurch charakterisirt, dass seine Muskelfasern vorne mit der Selera, bezüglich ihrem Knochenring, hinten mit der Choreoidea verbunden sind. Bei anderen Vögeln aber rücken die beiden Muskeln einander näher, sowie dies in Fig. 3 von einer Taube gezeichnet ist. Die Fasern, welche hier vom Periost des Knochenringes entspringen und nach vorne verlaufen, gehören dem *M. Cramptonianus* an, die, welche vom Periost entspringen und nach hinten verlaufen, bilden den Tensor choreoideae. Bei der Taube und bei anderen Vögeln kommt zu diesen beiden Muskeln noch ein dritter hinzu. Wir wollen ihn mit Leuckart[2] die Müller'sche

[1] Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. 1846, pag. 370, Taf. XI.
[2] Gräfe und Sämisch. Handbuch d. Ophthalmolog. I. 2. pag. 234.

Portion nennen. Er besteht aus Muskelfasern, welche sich, wie die des Crampton'schen Muskels an der inneren Lamelle der Cornea einerseits, und wie die des Tensor choreoideae an der Choreoidea andererseits ansetzen. Sie haben also nirgends einen fixen Punkt. In meiner Zeichnung ist diese Müller'sche Portion zweibäuchig, wie man das sehr häufig sieht. Die mittlere Verdünnung schafft für einen mächtigen Nervenstamm (*n*) Platz, der zwischen die Muskeln eingebettet ist. Die Zeichnung, welche Lenckart vom Truthahn gibt,[1] zeigt die Müller'sche Portion ohne diese Bäuche; ähnlich die Königsteins,[2] die dem Huhn entnommen ist und bei welcher auch zwischen den Muskelfasern der grosse Nervenstamm zu sehen ist.[3]

Was die Function dieser drei Fasergruppen anbelangt, so sind jetzt wohl alle Stimmen darüber einig, dass der Tensor choreoideae, wie dies Brücke schon im Namen ausgedrückt hat, die Choreoidea um den Glaskörper anspannt. Er bewirkt in der bekannten Weise eine Accommodation für die Nähe. Dem gegenüber ist über die Function der Müller'schen Portion noch nicht einmal eine Deutung ernstlich versucht worden, und über die des Crampton'schen Muskels gehen die Anschauungen sehr erheblich auseinander.

Crampton[4] selbst war der Meinung, der von ihm entdeckte Muskel müsse bei seiner Contraction die Cornea abflachen und demnach das Auge für die Ferne accommodiren.

Brücke war der gegentheiligen Anschauung. Er wies nach, dass die Hornhaut des Vogels sich in ihren peripheren Theilen in zwei Lamellen spalten lässt, dass diese in „der Gegend der Axe so mit einander verschmolzen sind, dass man ihre beiderseitige Grenze nicht auffinden kann; je weiter man sich von der Axe entfernt, um so weniger innig wird der Zusammenhang, und nach dem Rande zu weichen beide Lamellen förmlich von einander und lassen zwischen sich eine lockere, bindegewebeartige Faserschicht eindringen, welche erlaubt, dass sie hier um ein Weniges

---

[1] Ebenda.

[2] v. Gräfe's Arch. f. Ophthalmolog. XXVI. 2, pag. 139. Taf. V, Fig. 1.

[3] Eine andere Zeichnung desselben Autors, der Taube angehörig, zeigt die Verhältnisse ähnlich wie meine Zeichnung.

[4] Gilbert's Annalen, Bd. 49, pag. 278 cit. nach Brücke l. c.

an einander verschoben werden können. Nunmehr geht die äussere Lamelle in die Sclerotica über und befestigt sich als solche an den vorderen Rand des Knochenringes, indem sie eins wird mit der festen fibrösen Haut, welche den letzteren bekleidet. An die innere Lamelle dagegen setzt sich der Crampton'sche Muskel". (Vergl. Fig. 1, 2 und 3.) Auf Grund dieser anatomischen und hier nicht zu erörternder physikalischer Verhältnisse erwartet Brücke, dass die Contraction des Muskels den Krümmungshalbmesser der Cornea verkleinere, und dadurch das Auge für die Nähe accommodire.

Cramer, der übrigens eine unzweifelhaft unrichtige Anschauung vom anatomischen Verhalten des Crampton'schen Muskels hat, indem er ihn nicht an der Hornhaut, sondern an der Choreoidea, da, wo nach innen die Ciliarfortsätze sitzen, enden lässt,[1] prüfte Brücke's Anschauung experimentell und fand, dass elektrische Reizung des Auges auf die Hornhautkrümmung keinerlei Einfluss hat.[2] Endlich hebt Königstein[3] hervor, dass der Crampton'sche Muskel und der Sphincter pupillae durch ihre vereinigte Wirkung indirect die Wände des Canalis Schlemmii von einander abheben und denselben dadurch öffnen müssen.

Im Folgenden füge ich diesen Deutungen unseres eigenthümlichen Muskels eine weitere bei, von der ich glaube, dass sie die einfachste und plausibelste ist, die übrigens andere nicht ausschliesst, d. h. wenn auch meine Anschauung das Richtige trifft, so kann doch der Crampton'sche Muskel immer noch die Wölbung der Hornhaut verändern und den Schlemm'schen Canal öffnen.

Ich halte die drei Muskelfasergruppen: Tensor choreoideae, Crampton'scher Muskel und Müller'sche Portion für einen Accomodationsapparat, der, bedeutend kräftiger gestaltet als im Säugethierauge, doch im Wesentlichen dieselbe Function ausübt, die hier der Tensor choreoideae allein besorgt.

---

[1] Het Accomodatievermogen der Oogen, 1853, pag. 75.

[2] Ebenda, pag. 89.

[3] L. c.

Um diese Anschauung zu begründen, muss ich auf einige Eigenthümlichkeiten des Vogelauges näher eingehen.

Zunächst existirt bei Vögeln (ob es hier Ausnahmen gibt, muss dahingestellt bleiben) weder ein Canalis Petiti, noch eine Zonula Zinnii in dem Sinne wie bei Säugethieraugen, vielmehr ist, wie dies Fig. 2 und 3 zeigt, die Linsencapsel in grösserer Ausdehnung mit den Ciliarfortsätzen verwachsen. In Fig. 3 sieht man Fasern, welche, zwischen den Ciliarfortsätzen verlaufend, diese Verbindung zu befestigen scheinen. Halbirt man das Auge eines eben getödteten Huhnes, so dass die ebenfalls halbirte Linse in situ bleibt, fasst dann diese und sucht sie von den Ciliarfortsätzen abzuheben, so gewahrt man, dass sich eher die Linse aus ihrer Capsel löst, als letztere von den Ciliarfortsätzen. Es ist also bei den Vögeln die Linse nicht an einer Zonula Zinnii und einer Hyaloidea, sondern an den Ciliarfortsätzen bezüglich am vordersten Theil der Choreoidea, aufgehängt.

Führt man den genannten Zug an der Linse aus, so gewahrt man noch etwas Zweites. Man sieht nämlich, dass der ganze vordere Theil der Choreoidea sich nach der Axe des Auges hin bewegt, so dass der ausgedehnte Spaltraum, der sich zwischen Choreoidea und Sclera befindet, an Breite zunimmt. Es ist dieser ein Analogon des Fontana'schen Raumes; er erstreckt sich vom Ligamentum pectinatum bis an die Einpflanzungsstelle der Fasern des Tensor choreoideae. Dieser ganze Raum, der insbesondere beim Uhu eine enorme Ausdehnung hat (Fig. 2 und 3 als leer gelassener Raum ersichtlich), ist nur von spärlichen lockeren Fäserchen überbrückt, so dass, abgesehen vom Ligamentum pectinatum, der vordere Theil der Choreoidea an die Sclera und ihren Adnexen nur als angelegt, nicht angewachsen betrachtet werden kann. Er kann mit Leichtigkeit kleine Ortsveränderungen gegen die Axe des Auges hin ausführen.

Diese Bewegungen an den vorderen Theilen der Choreoidea, welche man, wie gesagt, mit Leichtigkeit an jedem frischen oder gehärteten Auge hervorrufen kann, sind offenbar dieselben, welche die Choreoidea im Leben ausführen muss, soll sich der Durchmesser der Linse vergrössern oder verkleinern, wie das bei der Accomodation der Fall ist. Der Zug, den man ausübt, wenn man die Linse von den Ciliarfortsätzen abzuheben sucht, entspricht

offenbar dem Zuge, den die Linse selbst auf die Ciliarfortsätze und die Choreoidea ausübt, wenn sie sich stärker zu wölben sucht.

Es fungirt also dieser bewegliche Theil der Choreoidea als ein Aufhängeband der Linse ähnlich dem Theile der Membrana hyaloidea des Säugethierauges, welcher die hintere Wand des Canalis Petiti bildet. Nun hat die Linse des Vogelauges aber noch ein zweites, in der Functionsweise der Zonula Zinnii entsprechendes Aufhängeband; es ist dies das ungemein mächtige Ligamentum pectinatum. (Fig. 2 und 3 L. p.) Übt man den oben beschriebenen Zug an einer Linse aus, so sieht man, wie sich die Fasern dieses Ligamentes gleichzeitig mit der Bewegung der Choreoidea anspannen. Beim Uhu haben diese Fasern eine Länge von circa 4 Mm. und machen eine Täuschung über dieses Verhalten unmöglich.

Dass das Ligamentum pectinatum der Vögel als Aufhängeband der Linse wirkt, muss auch zur Erklärung der Accommodation, welche blos durch den Tensor choreoidea hervorgerufen wird, angenommen werden. Denn wenn die Versuche, welche uns sagen, dass der intraoculare Druck in der Vorderkammer und im Glaskörper merklich gleich ist,[1] richtig sind, und wenn es weiter richtig ist, dass die Linse im Ruhezustande des Auges flacher ist, als ihrer Gleichgewichtslage entspricht, so muss es das Ligamentum pectinatum sein, welches sie hindert, ihre Gleichgewichtslage einzunehmen. In der Choreoidea findet sie bei der Configuration des Vogelauges kein irgend nennenswerthes Hinderniss. Wäre aber der Druck in der Vorderkammer niedriger als im Glaskörper, so würde die Linse bei der Contraction des Tensor choreoideae zwar nach vorne rücken, aber für die bei der Accommodation thatsächlich nachgewiesene Krümmungszunahme ihrer Flächen wäre kein zulänglicher Grund vorhanden.

Es lässt sich nach dem Mitgetheilten nun mit Leichtigkeit zeigen, dass der in Rede stehende Muskelapparat bei seiner Action die Wölbungen der Linse erhöhen muss, sowie dies im Säugethierauge der Fall ist, wenn man voraussetzt, dass hier und dort die elastischen Kräfte der Aufhängebänder es sind, welche

[1] Vergl. Leber in Gräfe u. Saemisch. Handb. d. Ophthalmlg. II. 2, pag. 368.

im Ruhezustande des Auges die Linse abflachen. Man kann nun aber in diesem Punkte einer anderen Ansicht sein. Man kann es für unwahrscheinlich halten, dass die Zonula Zinnii ein ganzes Leben lang fast immer (im Alter continuirlich) über ihre Gleichgewichtslage gedehnt sei, und vom Säugethierauge sagen, der intraoculäre Druck im Glaskörper sei es, der Choreoidea und Hyaloidea anspanne. Auch auf diese Weise kann ein Zug auf die Linse ausgeübt werden, den dieselbe abzuplatten geeignet ist, und für welchen die Hyaloidea, bezüglich Zonula Zinnii nur als übertragendes Band wirkt.

In dieser Beziehung muss ich, soll diese Anschauung auf das Vogelauge übertragen werden, noch auf folgenden Umstand aufmerksam machen.

Wird das Ligamentum pectinatum als für Flüssigkeiten undurchgängig angenommen, so kann der Druck des Kammerwassers durch dieses Band in derselben Weise einen Zug auf die Linse ausüben, wie dies der Druck des Glaskörpers durch die Choreoidea thut. Nach den Untersuchungen von Königstein[1] ist in der That beim Säugethierauge die Vorderkammer durch eine zarte Epithelialmembran, welche zwischen den Fasern des Ligamentum pectinatum ausgespannt ist, vom Fontana'schen Raum abgesperrt; Ähnliches liesse sich auch beim Vogelauge vermuthen.

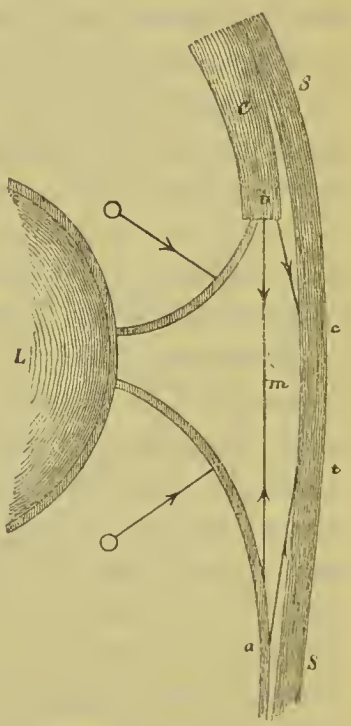
Da über diesen Punkt aber nicht alle Autoren einig zu sein scheinen, und Leuckart geradezu annimmt, dass beim Vogel unter gewissen Umständen das Kammerwasser durch das Ligamentum pectinatum in den Fontana'schen Raum einströme,[2] so mögen diese Verhältnisse hier nur erwähnt sein. Ich will später zeigen, dass meine Anschauung von der Accommodation des Vogelauges unabhängig davon ist, welcher der beiden Fälle zutrifft, ob die Linse im Ruhezustand des Auges ihren äquatorialen Zug nur den elastischen Kräften ihrer Aufhängebänder verdankt, oder ob derselbe dem intraoculären Drucke entspringt. Zunächst aber will ich voraussetzen, dass das Letztere der Fall ist, und dass die Vorderkammer im Ligamentum pectinatum einen Abschluss

[1] Vergl. Gräfe's Arch. f. Ophthalmolog. XXV. 3, pag. 289.

[2] L. c. pag. 235.

findet, so dass der hier herrschende hydrostatische Druck mithilft, die Linse abzuflachen.

Die Wirkungsweise der fraglichen Muskeln des Vogelauges ergibt sich nun leicht aus der beistehenden schematischen Zeichnung.



L ist die Linse, welche nahe ihrem Äquator durch die zwei Aufhängebänder gehalten wird, deren vorderes das Ligamentum pectinatum, deren hinteres die Choreoidea ist. Auf beide wirkt der intraoculäre Druck in der Richtung der Pfeile ⟶ und zieht den Äquator über seine Gleichgewichtslage nach aussen. *S S* ist die Sclera und der feste äussere Antheil der Cornea, *C* die innere Lage der Cornea, die, wie oben mitgetheilt, bis zu einem gewissen Grade verschiebbar ist, und speciell an ihrem Ende aus verhältnissmässig lockerem, dehnbarem Gewebe besteht (Fig. 3).

Es leuchtet nun ein, dass jede Muskelaction, welche die Distanz zwischen dem Punkte *a* der Choreoidea und dem Punkte *b* der Cornea verringert den von den Aufhängebändern der Linse ausgeübten Zug verkleinern und es also dieser ermöglichen muss, ihrer Gleichgewichtsform näher zu rücken. Alle drei Muskelportionen nun bewirken diese Verringerung der genannten Distanz. Der Tensor choreoideae (*a t*), der an der Sclera entspringt und bei *a* endet, rückt den letzteren Punkt nach vorne, der *Musculus Cramptonianus* (*b c*), der auch an der Sclera entspringt und an der inneren Hornhautlamelle endet, rückt *b* nach rückwärts und die Müller'sche Portion (*m*) ist geradezu zwischen den beiden Punkten (*a* und *b*) ausgespannt.

Beim Uhu (Fig. 1 und 2) hat jeder der beiden schematischen Punkte *a* und *b* seinen besonderen Muskel — eine Müller'sche

Portion gibt es hier nicht — und ich glaube, man sieht unmittelbar aus der Zeichnung (Fig. 2), dass der Crampton'sche Muskel das Ligamentum pectinatum abspannen muss. Noch viel klarer wird das am mikroskopischen Präparat, an welchem das eigenthümliche lockere Gefüge des Theiles der Cornea, an welchem sich sowohl der Muskel, als das Ligament ansetzt, die Dehnbarkeit desselben unmittelbar anschaulich macht.

Bei der Taube (Fig. 3) liegen die Dinge so, wie in unserem Schema. Nur setzen sich einige Muskelfasern nicht direct an ihrem Bestimmungsort an, sondern sind durch Sehnen mit ihm verbunden. So das vordere Ende der Müller'schen Portion und ein Theil der Fasern des Crampton'schen Muskels, welche durch zwei Sehnenbündel, die den Schlemm'schen Canal zwischen sich fassen, in das dehnbare Hornhautgewebe übergehen.

Ich will noch hervorheben, dass verschiedene Schnitte durch ein Vogelauge und noch mehr Schnitte durch verschiedene Vogelaugen den in Rede stehenden Muskelapparat in mannigfaltigen Modificationen zeigen, wie dies übrigens oftmals beschrieben wurde. Zwei möglichst differente Typen, den des Uhu und der Taube, habe ich meinen Betrachtungen zu Grunde gelegt; es ist mir aber keine Modification bekannt geworden, welche sich nicht ohne Weiteres der dargelegten Anschauung unterordnet.

Ist nun das Ligamentum pectinatum für das Kammerwasser durchgängig, so wird hierdurch der auseinandergesetzte Accommodationsmechanismus nicht beeinflusst. Denn denken wir uns in unserem Schema dieses Ligament für die Flüssigkeit durchgängig, dann würde der Rand der Linse voraussichtlich so weit nach innen und hinten rücken, bis das Ligament wieder angespannt ist. Auch dann noch würde die Zusammenziehung unserer Muskeln denselben qualitativen Effect haben wie früher.

Es könnte weiterhin Jemand die Voraussetzung machen, dass der Druck im Kammerwasser ein geringerer ist als im Glaskörper. Es müsste dann, wie schon hervorgehoben, die Differenz, welche zwischen dem auf die vordere und dem auf die hintere Linsenfläche wirkenden Drucke herrscht von der Chorcoidea getragen

werden, und die Accomodation würde wenigstens in erster Linie nicht mehr auf einer Formveränderung, sondern auf einer Lageveränderung der Linse beruhen. Die Formveränderung würde schon desshalb nicht mehr in Betracht kommen, weil im Ruhezustand des Auges kein Zug in der Richtung des äquatorialen Linsenradius, sondern nur ein solcher nach hinten auf die Linse wirken würde.

Aus dem Umstande aber, dass Cramer[1] die Zunahme der Linsenwölbung bei elektrischer Reizung des Vogelauges beobachtet hat, sowie mit Rücksicht auf die oben angeführten Messungen intraoculären Druckes kann diese Voraussetzung wohl als ungerechtfertigt zurückgewiesen werden. Sie müsste das auch, wenn der Tensor choroideae allein in der gangbaren Weise zur Erklärung der Accomodation herangezogen werden soll.

Es ist also die Linse des Vogelauges nahe ihrem Äquator an der Choroidea einerseits, dem Ligamentum pectinatum andererseits aufgehängt. Im accommodationslosen Zustande des Auges wird sie durch einen radiären Zug, welchen diese Aufhängebänder ausüben, abgeplattet, analog dem Zuge, den die Membrana hyaloidea und die Zonula Zinnii im Säugethierauge ausüben. Sei es nun, dass dieser Zug in den elastischen Kräften der Aufhängebänder, sei es, dass er im intraoculären Druck seinen Ursprung hat, immer dient der in Rede stehende Muskelapparat des Vogelauges dazu, die Aufhängebänder abzuspannen und so zu ermöglichen, dass die Linse sich ihrer Gleichgewichtslage nähere.

Diese Anschauung findet in einem alten Versuche Cramer's ihre Bestätigung,[2] welcher zeigte, dass die Linse des Vogelauges ihre Accommodationsbewegung einstellt, wenn die Iris abgetrennt wird. Nach dem Dargelegten handelt es sich hier nicht um die Iris als solcher, sondern um das Ligamentum pectinatum, das natürlich bei dieser Abtrennung durchrissen wird. Es ist dann eben der ganze Aufhängeapparat der Linse zerstört, und es kann von einem Abspannen desselben durch Muskelaction nicht mehr die Rede sein.

[1] L. c. pag. 90.
[2] L. c. pag. 90.

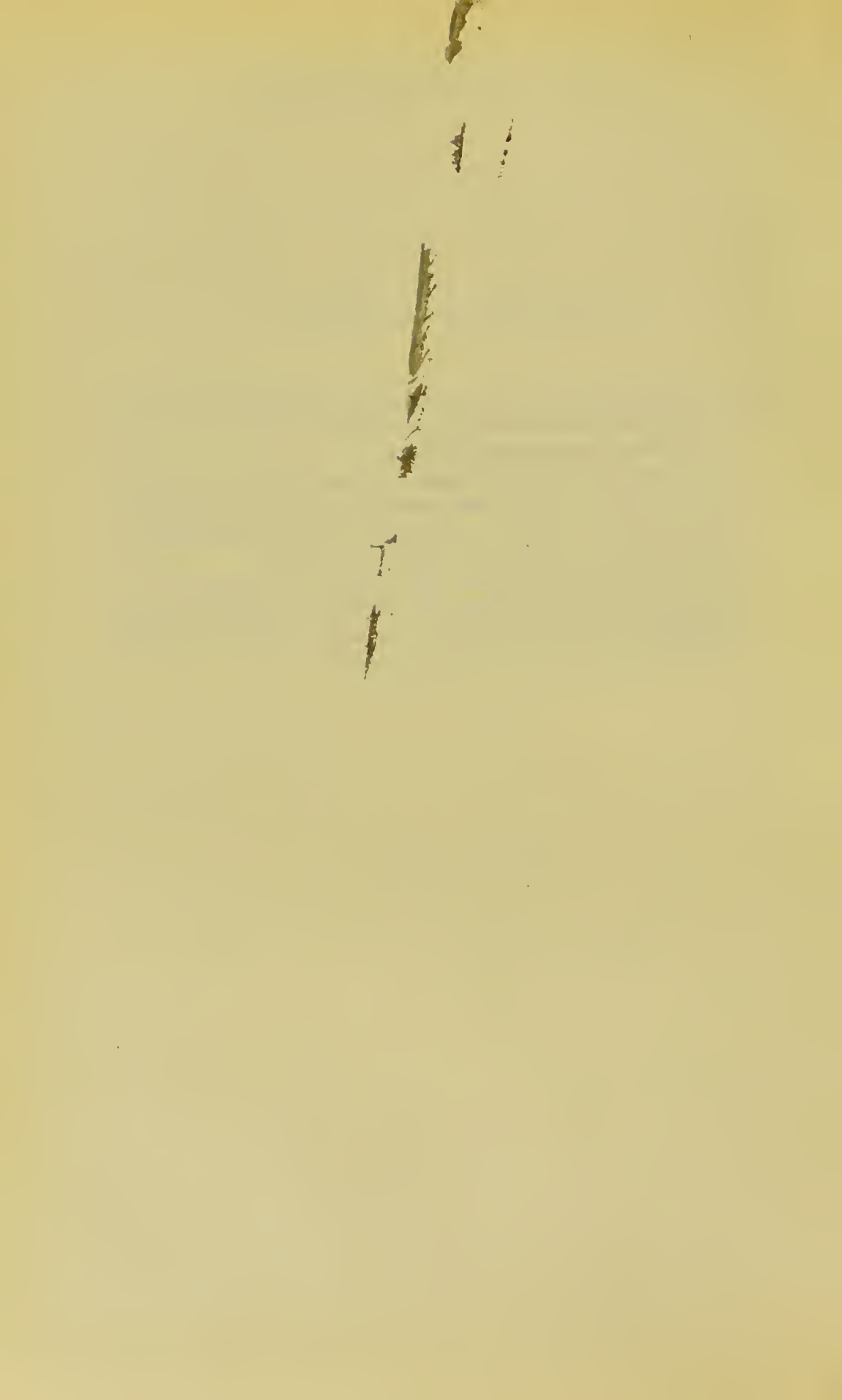
Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. Durchschnitt durch das Auge eines Uhu nach Brücke. Bei *a* ist der *Musculus Cramptonianus*, bei *b* der Tensor choreoideae. Die durch ein Rechteck eingerahmte Stelle ist in

„ 2 nach einem anatomischen Präparat bei Lupenvergrösserung wiedergegeben, doch ist der Uvealtractus und die Linse *L* noch hinzugefügt. Der Crampton'sche Muskel *mc* ist durch Punktirung hervorgehoben. *J* Iris; *Lp* Ligamentum pectinatum.

„ 3. Die drei Muskelfasergruppen einer Taube. Auch hier sind die Muskelfasern punctirt. *J* Iris; *Lc* Linsenkapsel; *Lp* Ligamentum pectinatum; *n* ein Nervenstamm, der sich zwischen die beiden Bäuche der Müller'schen Portion einschiebt.